

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Křižovatka Ostravská – Slezská v Orlové

Intersection Ostravska – Slezska in Orlova

Student:

Tomáš Obruča

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Obruča**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R020 Dopravní stavby
Téma: **Křižovatka Ostravská - Slezská v Orlové**
Intersection Ostravska - Slezska in Orlova
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat bezpečnost silničního provozu na křižovatce Ostravská - Slezská v Orlové a vhodnost současného uspořádání. Práce bude obsahovat výsledky provedených dopravních průzkumů (průzkum intenzit, směrový průzkum, analýza dopravní nehodovosti a konfliktních situací). Pro současné uspořádání bude provedeno kapacitní posouzení (pro výchozí i výhledové intenzity), výkresová dokumentace (situace, dopravní značení) a simulační modely v programu PTV VISSIM a to opět pro výchozí i výhledové intenzity. Dále bude posouzena možnost vybudování okružní a světelně řízené křižovatky s ohledem na bezpečnost a plynulost dopravy. Pro oba návrhy bude provedeno kapacitní posouzení (pouze pro výhledové intenzity), výkresová dokumentace (přehledná situace, ověření průjezdnosti) a simulační modely v programu PTV VISSIM (opět jen pro výhledové intenzity).

Seznam doporučené odborné literatury:

Folprecht, Jan; Křivda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy I.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 158 s. ISBN 80-248-1030-1

Křivda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy II.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 154 s. ISBN 978-80-248-2123-8

TP 81 *Navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích: Technické podmínky.* 2. vyd. Brno: CDV Brno, 2006, 124 s. ISBN 80-86502-30-9.

TP 135 *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: Technické podmínky.* Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2005, 54 s.

TP 188 *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek: Technické podmínky.* Liberec: EDIP, 2007, 64 s. ISBN 978-80-902527-6-9.

TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek: Technické podmínky.* Liberec: EDIP, 2011, 56 s. ISBN 978-80-87394-02-01.

TP 235 *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek: Technické podmínky.* Liberec: EDIP, 2011, 52 s. ISBN 978-80-87394-03-8.

ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (vč. změn)*

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



Ing. Ivan Fencel, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě2.5.2017.....

.....TOMÁŠ .....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2.5.2017

..... TOMAŠ 

podpis studenta

Anotace:

OBRUČA, Tomáš. *Křižovatka Ostravská – Slezská v Orlové*. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, 2017, 44 S.

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Předmětem bakalářské práce „Křižovatka Ostravská – Slezská v Orlové“ je analyzovat bezpečnost křižovatky a navrhnout opatření na zvýšení plynulosti a bezpečnosti dopravy. První část bakalářské práce je věnována dopravně inženýrskému průzkumu včetně videoanalýzy, ze kterého byly získány údaje o intenzitě dopravy, skladbě dopravních proudů, směrovém vedení dopravních proudů a o konfliktních situacích. V druhé části práce jsou uvedeny návrhy nového řešení na zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu, včetně simulace provozu v programu PTV Vissim a je vybrán nejvhodnější návrh.

Annotation:

OBRUČA, Tomáš. *Intersection Ostravska – Slezska in Orlova*. Bachelor Thesis. VŠB - TU Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2017, 44 p.

Supervisor doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

The subject of the bachelor thesis of "Intersection Ostravska – Slezska in Orlova", is to offer a solution & precautionary measures to increase traffic flow and safety. The first part of the thesis deals with traffic engineering and monitoring, from which the data of traffic intensity, structure of traffic flow, directional traffic flow control and conflict situations were obtained. The second part of the thesis introduces a few new solutions of the intersections that should increase safety and traffic flow in the area inclusive of simulate the traffic in PTV Vissim program and the best possible proposal is chosen.

Klíčová slova:

křižovatka, Orlová, doprava, kapacita, konfliktní situace, nehodovost, PTV Vissim, videoanalýza

Keywords:

intersection, Orlova, traffic, capacity, conflict situations, accidents, PTV Vissim, video analysis

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
1 ÚVOD	9
2 POPIS KŘÍŽOVATKY	10
3 DOPRAVNÍ PRŮZKUM	11
3.1 Postup měření	11
3.2 Složení dopravního proudu.....	12
3.3 Stanovení špičkové hodiny	12
4 ANALÝZA DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI.....	13
5 KONFLIKTNÍ SITUACE	15
5.1 Vysoký počet kolizních bodů	15
5.2 Velká rozloha křižovatky.....	16
5.3 Nepřehlednost křižovatky.....	16
5.4 Nedostatečné dopravní značení	17
5.5 Nevyhovují připojovací pruh.....	17
6 NEŘÍZENÁ STYKOVÁ KŘÍŽOVATKA	18
6.1 Kapacitní posouzení současného stavu stykové křižovatky	18
6.2 Kapacitní posouzení výhledového stavu stykové křižovatky.....	21
7 VARIANTA OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY	24
7.1 Vstupní hodnoty výpočtu.....	24
7.2 Vzorce pro výpočet okružní křižovatky	25
7.3 Kapacitní výpočet samostatného jízdního pruhu ramena B	26
7.4 Kapacitní výpočet ramena A	27
7.5 Kapacitní výpočet ramena B.....	28
7.6 Kapacitní výpočet ramena C.....	29
8 VARIANTA SVĚTELNĚ ŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY	30
8.1 Vstupní údaje pro výpočet.....	30
8.2 Výpočet mezcíčasů.....	31
8.3 Výpočet délky cyklu metodou saturovaného toku	33
8.4 Výpočet kapacity vjezdu	34
8.5 Určení kvality dopravy na křižovatce.....	35
8.6 Stanovení délky řadících pruhů	37
8.7 Sestavení signálního plánu a závěrečné ustanovení	37
9 SIMULACE PROVOZU	38

10	ZÁVĚR.....	39
11	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	41
13	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	42
13.1	Tabulky	42
13.2	Grafy	42
14	SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ	43
14.1	Přílohy.....	43
14.2	Výkresy	43

Seznam veličin

a_v	stupeň vytížení [-]
b	vzdálenost mezi kolizními body [m]
C	kapacita dopravního proudu [pvoz/h]
C_e	kapacita výjezdu [pvoz/h]
C_i	kapacita vjezdu [pvoz/h]
C_n	základní kapacita jízdního pruhu [pvoz/h]
G_n	základní kapacita dopravních proudů [pvoz/h]
I_e	intenzita dopravy na výjezdu [pvoz/h]
I_H	rozhodující intenzita nadřazených proudů [pvoz/h]
I_n	intenzita dopravního proudu n [pvoz/h]
I_v	výhledová intenzita dopravy [pvoz/den]
n_e	počet jízdních pruhů na výjezdu [-]
$n_{e,koef}$	koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-]
n_i	počet jízdních pruhů na vjezdu [-]
$n_{i,koef}$	koeficient zohledňující počet pruhů na vjezdu [-]
n_k	počet jízdních pruhů na okružním páse [-]
$N_{95\%}$	délka fronty na vjezdech [m]
Rez	rezerva kapacity [pvoz/h]
t_f	následná mezera [s]
t_g	kritická mezera [s]
t_w	střední doba zdržení [s]
Δ	minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími po okružním páse [s]
v_v	rychlost vozidla na výjezdu z okružního páse [m/s]
$V_{85\%}$	rychlost kterou nepřekračuje 85% vozidel [km/h]

Použité zkratky

KS	konfliktní situace
OK	okružní křižovatka
TP	technické podmínky
ÚKD	úroveň kvality dopravy

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce bude zaměřena na úrovniovou stykovou křižovatku, spojující silnice I/59 a II/470 v Orlové. Hlavním cílem této práce bude analyzovat současné stavební uspořádání, nedostatky a nevhodnost nynějšího dopravního řešení. Se současným stavem křižovatky úzce souvisí také snížená bezpečnost silničního provozu, jejíž eliminaci bude kladen důraz při navrhovaných změnách.

Řešená křižovatka se rozkládá na poměrně velké ploše. Rozlehlé vodorovné dopravní značení způsobuje nepřehlednou situaci z pohledu řidiče. Nešťastné řešení komplikuje průjezd křižovatkou, což velice často vede k nerespektování dopravního značení a vznikajícím potížím při provozu.

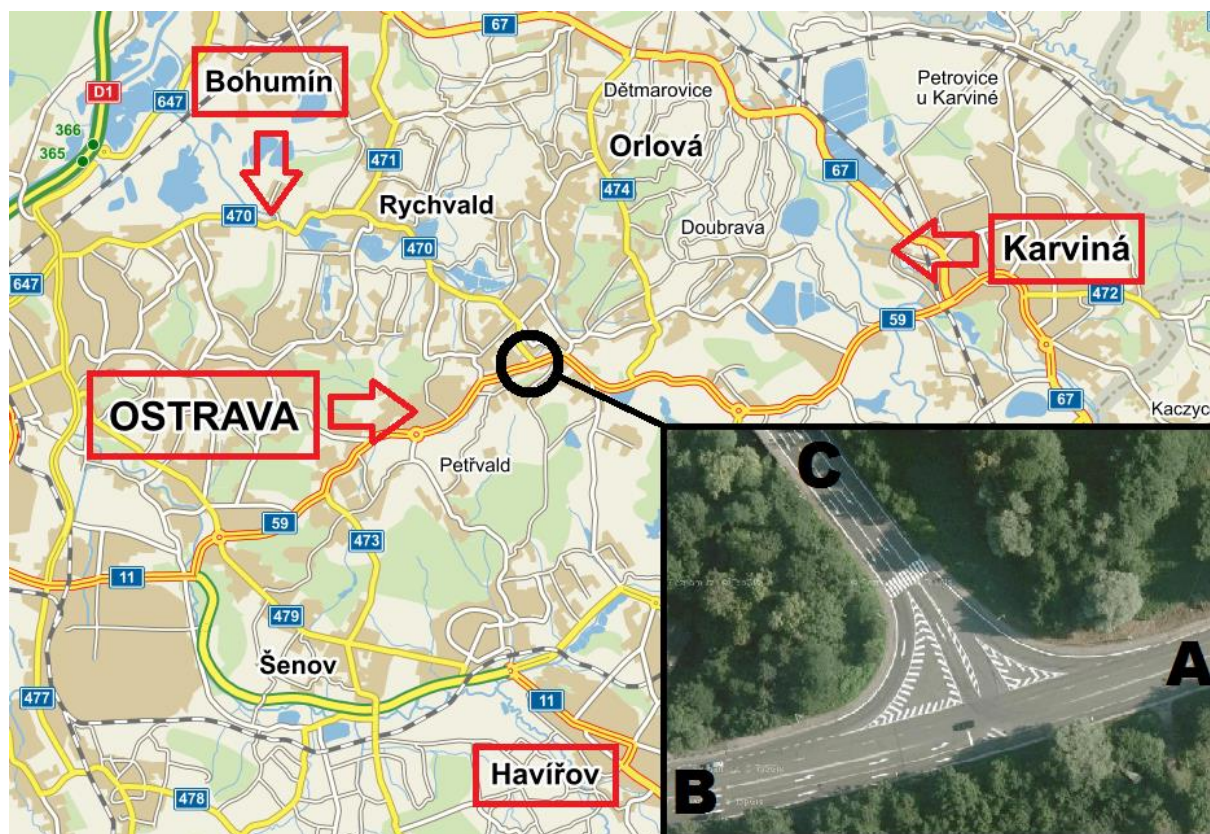
Práce je rozdělena do několika částí, kdy základ všech vypracovaných návrhu tvoří provedený dopravní průzkum současného stavu křižovatky. Při měření intenzit projíždějících vozidel, byl také pořízen videozáznam, jež napomáhá k přesnější analýze konfliktních situací. Počet a závažnost konfliktních situací úzce souvisí s nehodovostí, které je rovněž věnována jedna z kapitol této bakalářské práce.

Nejobsáhlejší část bude zaměřena na vypracování úpravy současného stavu. První varianta bude změna na jednopruhovou okružní křižovatku. Druhou možností pak bude varianta stykové křižovatky se světelně signalizačním zařízením. Při zpracovávání projektu, se rovněž zaměřím na úpravu současného stavu, pro zvýšení jeho bezpečnosti.

Součástí bakalářské práce je kromě situačních výkresů variantních řešení, také ověření průjezdnosti v programu Autodesk Vehicle Tracking a simulace provozu programem PTV Vissim. Ze všech provedených návrhu bude závěrem zhodnocena vhodnost jednotlivých řešení a vybrán nejvhodnější stav pro zachování maximální plynulosti provozu a nejvyšších bezpečnostních opatření.

2 POPIS KŘIŽOVATKY

Zvolená křižovatka leží na území města Orlová v Moravskoslezském kraji. V Orlově žije přibližně 30 tisíc obyvatel. Je zasazena mezi čtyři velká města, což způsobuje její dopravní vytížení. Tento fakt se odráží také na samotné křižovatce. S její polohou úzce souvisí poměrně velké intenzity dopravních proudů, zejména v hlavním směru.



Obrázek č. 1 – Poloha křižovatky [1]

Křižovatka spojuje dvě komunikace. Hlavní směr na ulici Ostravská tvoří silnice s označením I/59. Na ní se pod úhlem 65° napojuje vedlejší komunikace s označením II/470 nazvaná Slezská. Křižovatka je tedy tvořena třemi rameny:

- Východní **rameno A**, směřuje do města Karviná
- Západní **rameno B**, směřuje do města Ostrava
- Severní **rameno C**, směřuje do města Bohumín, popřípadě centra Orlové

Intenzity dopravy ovlivňují také vozidla, směřující z města Havířov severně přes křižovatku. Na hlavní komunikaci je dovolená rychlost 50 km/h, přičemž na vedlejší silnici o hodnotě 70 km/h. Tento aspekt usměrňuje svislé dopravní značení z vedlejší komunikace, jež prikazuje dát přednost v jízdě vozidlům v přímém směru.

3 DOPRAVNÍ PRŮZKUM

Dopravní průzkum je elementární činností při plánování, projektování a modernizaci pozemních komunikací, včetně křižovatek. Jednalo se o můj zcela první úkon, při tvorbě této bakalářské práce. Průzkum jsem prováděl ve čtvrtek 10. listopadu 2016 v rozsahu čtyř hodin. Konkrétně ráno v čase 7:00 – 9:00 a odpoledne v čase 15:00 – 17:00. Počasí bylo tento den extrémně mrazivé s teplotami pod 0 °C. Po celou dobu měření intenzit jsem nahrával videozáznam na kameru, díky čemuž jsem získal podklady pro analýzu konfliktních situací.

3.1 Postup měření

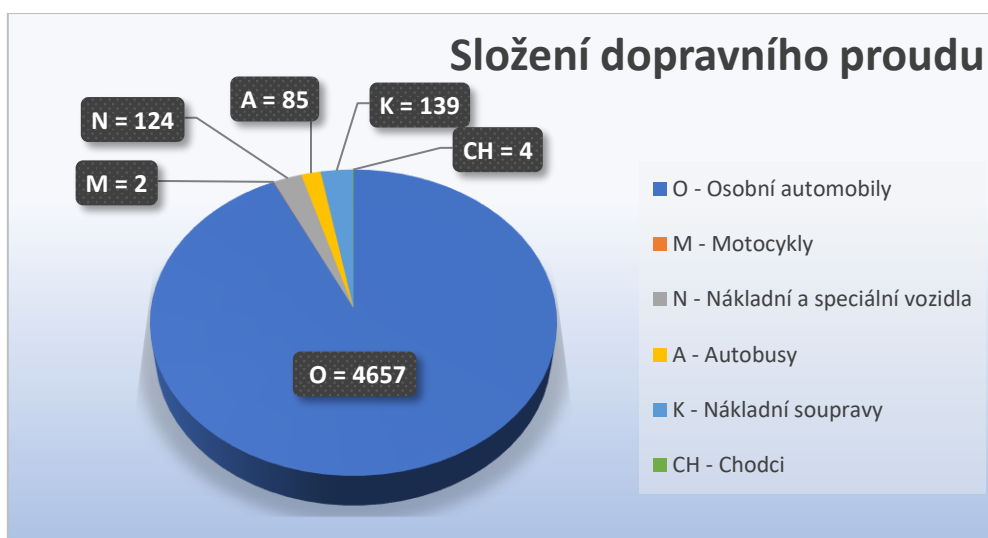
Samotné měření intenzit jsem prováděl rovnou na místě s pomocí jednoho asistenta. K dispozici jsme měli předem připravené sčítací archy s přesným rozdělením na jednotlivé směry. Sčítání jsme kromě jednotlivých směrů, rozdělovali také s ohledem na druh projetých vozidel dle normy TP 189 – Stanovení intenzit na pozemních komunikacích [2]. Odlišovali jsme osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy, motocykly, cyklisty, případně chodce využívající přechod. Sčítání vozidel jsme dělili do časových intervalů dlouhých 15 minut. Za čtyřhodinové měření, projelo křižovatkou celkem 5015 vozidel s největším zatížením ramena B. V tabulce číslo 1 je přehledné rozdělení naměřených hodnot do časových intervalů.

INTENZITA PROUDŮ	A		C		B		CELKEM
	2	3	4	6	7	8	
7:00-7:15	116	25	22	34	37	74	308
7:15-7:30	112	21	31	55	39	81	339
7:30-7:45	104	27	37	48	34	84	334
7:45-8:00	88	30	21	47	34	70	290
8:00-8:15	97	23	27	40	44	66	297
8:15-8:30	89	19	26	38	32	67	271
8:30-8:45	79	13	22	40	25	60	239
8:45-9:00	85	17	23	35	45	76	281
15:00-15:15	71	29	24	49	79	113	365
15:15-15:30	94	30	33	37	70	132	396
15:30-15:45	82	31	29	40	68	89	339
15:45-16:00	80	26	28	20	66	107	327
16:00-16:15	83	28	35	22	80	107	355
16:15-16:30	66	30	17	27	66	96	302
16:30-16:45	63	36	11	42	52	76	280
16:45-17:00	73	34	26	40	41	78	292
CELKEM	1382	419	412	614	812	1376	5015

Tabulka č. 1 – Intenzity dopravních proudů (pvoz/h)

3.2 Složení dopravního proudu

Ze zjištěných hodnot lze jednoznačně říci, že největší podíl projetých vozidel tvoří dle předpokladů osobní automobily. Nicméně ve složení dopravního proudu nelze pominout, ani nákladní a autobusovou dopravu. Naopak zanedbatelné jsou hodnoty projetých motocyklů, cyklistů a zejména počet chodců. Na intenzitě chodců se jednoznačně podepisuje situování křižovatky, které je sice v intravilánu, avšak přímo nesousedí s obytnou zónou. S tím souvisí také dvojice obslužných komunikací u křižovatky, kterými za čtyřhodinové měření projela čtyři vozidla. V těsné blízkosti nenalezneme zastávku hromadné dopravy, jež by zvýšila intenzitu chodců. Složení dopravního proudu přehledně ukazuje graf číslo 1.



Graf č. 1 – Celkový počet projetých vozidel za dobu průzkumu

3.3 Stanovení špičkové hodiny

Pro budoucí výpočty je nutné určit špičkovou hodinu, viz. tabulka číslo 2. Jedná se o hodinový interval, ve kterém křižovatkou projel největší počet vozidel. V našem případě se jedná o odpolední intenzitu v čase 15:00 – 16:00. Během této hodiny projelo křižovatkou celkem 1427 vozidel. Největší intenzita vzniká na rameni B ve směru na Ostravu, nicméně ze všech naměřených hodnot lze říci, že v ranních hodinách je intenzita provozu mírně inverzní, s nejvyšším podílem vozidel směřujících na Ostravu.

ČAS	ŠPIČKOVÁ HODINA					CELKEM
	O	M	N	A	K	
15:00-15:15	339	1	8	9	8	365
15:15-15:30	376	3	8	5	4	396
15:30-15:45	326	0	2	7	4	339
15:45-16:00	313	0	2	7	5	327
CELKEM	1354	4	20	28	21	1427

Tabulka č. 2 – Stanovení špičkové hodiny (pvoz/h)

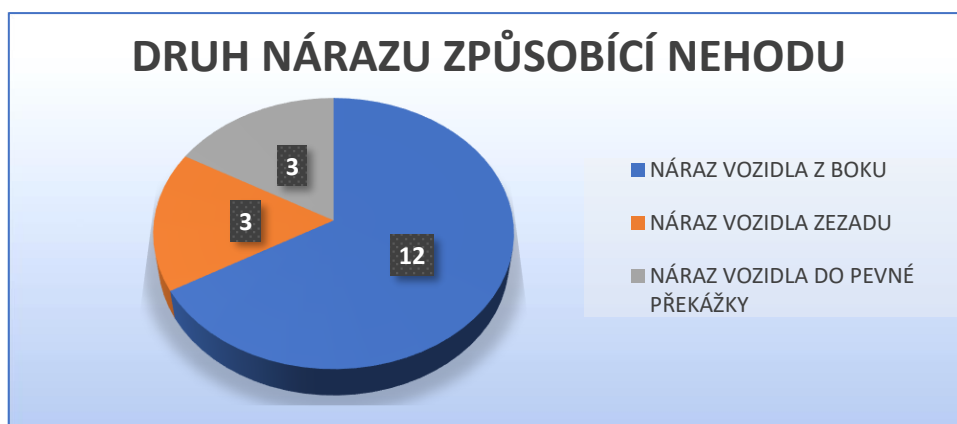
4 ANALÝZA DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI

Analýza dopravní nehodovosti vychází z databáze Policie České republiky [3]. Záznamy o dopravních nehodách jsou zde zaznamenány od 1.1.2007. Každá nehoda má přidělené své vlastní číslo, pod kterým lze zjistit veškeré informace o datu události, viníkovi, příčině, stavu vozovky, způsobené škodě apod. Díky množství informací o dopravní nehodě, lze analyzovat jejich spojitost se špatným, či nedostatečným dopravním značením, nedokonalým stavebním uspořádáním, popřípadě kvalitou výhledových podmínek na křižovatce. Výskyt dopravních nehod na křižovatce vyznačuje obrázek číslo 2.



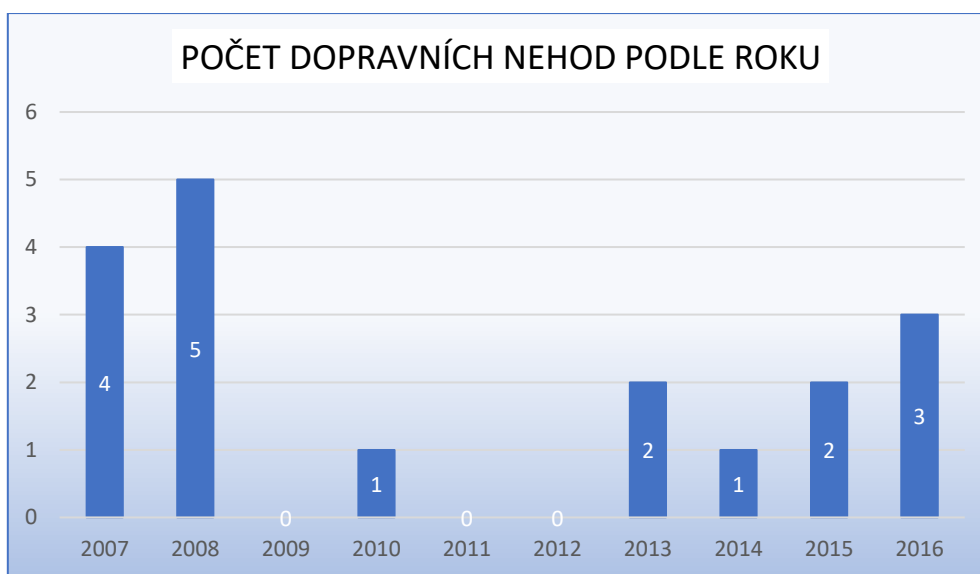
Obrázek č. 2 - Vyznačení nehodových míst na křižovatce

Příčinu dopravních nehod na této křižovatce, lze rozdělit do tří základních skupin, které uvádí graf číslo 2. Nejčastěji docházelo k bočnímu nárazu, vlivem nerespektování přednosti v jízdě. Příčinou je bezesporu také nedostatečné a nevhodné dopravní značení. Další dvě skupiny dopravních nehod jsou spojeny spíše s nepozorností, či chybami řidičů.



Graf č. 2 Dělení dopravních nehod podle příčiny

Závažnost nehod na křižovatce naštěstí není nijak výrazná. Ani v jednom případě se nejednalo o nehodu s vážným zraněním, či úmrtím. V šesti případech došlo k lehkým poraněním, přičemž ve všech ostatních pouze ke hmotné škodě. Počet dopravních nehod je silně ovlivněn novelou zákona č. 274/2008 Sb. [4], jež nabyla platnosti 1.1.2009. V této novele došlo ke změně hlášení dopravních nehod. Od tohoto dne je oznamovací povinnost pouze v případě, kdy dojde ke škodám přesahující 100 000 Kč, popřípadě škodám na majetku třetí osoby. Samozřejmě pak zůstává ohlašování v případech vážných zranění, nebo usmrcení. V ostatních případech sepisují účastníci záznam o dopravní nehodě. Tato změna zapříčinila zdánlivý pokles dopravních nehod od roku 2009, viz graf číslo 3.



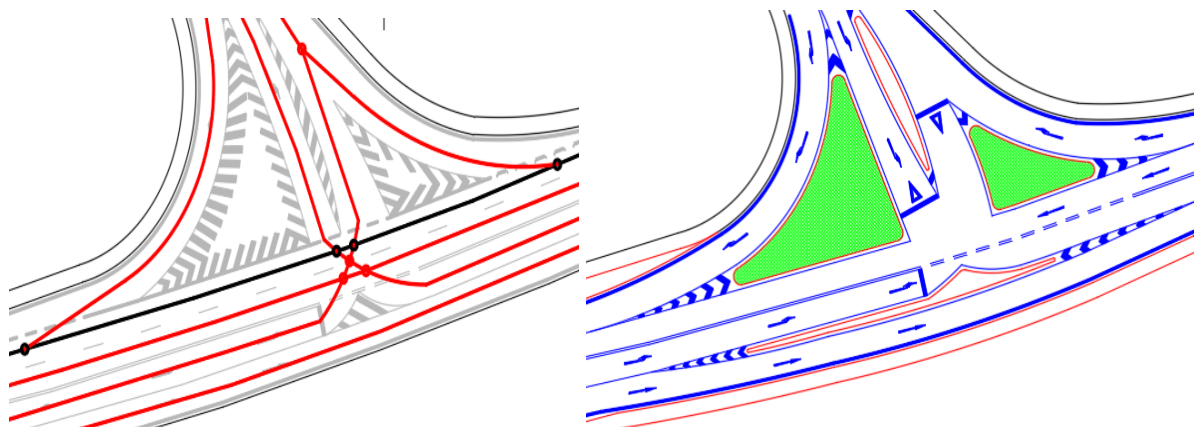
Graf č. 3 – Četnost dopravních nehod v letech 2007 - 2016

5 KONFLIKTNÍ SITUACE

Konfliktní situace je okamžik, kdy v silničním provozu vzniká, popřípadě může vznikat zvýšené nebezpečí pro jeho účastníky. Nehodovost lze výrazně eliminovat snížením počtu konfliktních situací. Ty vznikají nejčastěji v místech kolizních bodů a jsou výsledkem nesprávného stavebního uspořádání křižovatky a nedostatečným dopravním značením. Pro vypracování návrhu na rekonstrukci je nesmírně důležité odhalení jednotlivých konfliktních situací. V případě mnou řešené křižovatky jsem zpozoroval pět základních nebezpečných jevů. K jejich rozboru mi pomáhal videozáznam, pořizovaný celou dobu měření intenzit. [5] Videozáznam není součástí této práce, ale slouží pro mé přesnější určení vznikajících potíží.

5.1 Vysoký počet kolizních bodů

Prvním odhaleným problémem na křižovatce je vysoký počet kolizních bodů. Za kolizní bod lze označit místo, kde se kříží dráha vozidel jedoucích z jednotlivých směrů. Průzkum nehodovosti jednoznačně prokázal, že nejvíce nehod vzniká ve středu napojení vedlejší komunikace na hlavní. V těchto místech odbočují vozidla doleva z ramena B na C, respektive z ramena C na A. Snížením počtu kolizních bodů jednoznačně dojde ke zvýšení bezpečnosti. Tento požadavek splňuje okružní křižovatka, avšak možností je také snížení počtu pruhů směřujících rovně a izolování odbočujících vozidel, viz obrázek 3. Z průzkumu intenzit je patrné, že toto opatření nezpůsobí tvoření kolon aut, směřujících rovně po hlavní silnici.



Obrázek č. 3 – Kolizní body a možnost snížení jejich počtu

Ve výkresu číslo 2 jsem provedl návrh úpravy původního stavu. V tomto výkresu jsem místo vodorovného dopravního značení provedl fyzické rozdělení jednotlivých pruhů ostrůvky s travnatou plochou. Tyto ostrůvky jsem rozšířil přes jeden z pruhů na hlavní komunikaci, čímž jsem docílil optického i fyzického rozdělení pro zvýšení bezpečnosti.

5.2 Velká rozloha křižovatky

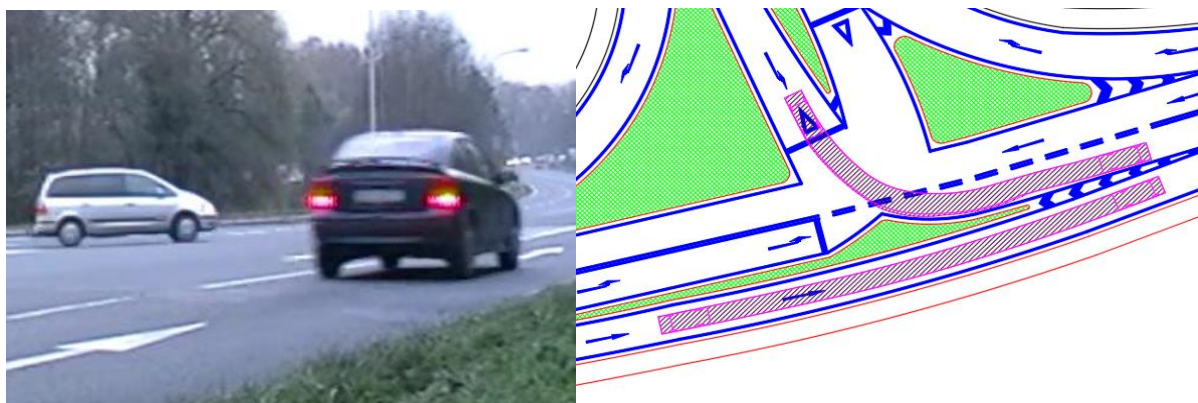
Druhým zpozorovaným problémem, jež komplikuje orientaci na křižovatce, je její velká rozloha. Při projíždění křižovatkou, je velká rozloha nevýhodou, vlivem čehož dochází k nepřehledné situaci pro účastníky provozu. S nepřehledností pak mnohdy souvisí, nerespektování vodorovného dopravního značení projíždějících vozidel. V návrhu na úpravu současného stavu ve výkresu číslo 2, tuto neduhu řeším koncentrací křížení vozidel na menší prostor. Dalším navrhovaným opatřením je, že dojde k fyzickému rozdělení jednotlivých pruhů travnatou plochou, pro zpřehlednění situace na vozovce z pohledu řidiče, viz obr. č. 4.



Obrázek č. 4 – Nerespektování dopravního značení a jeho řešení travnatým ostrůvkem

5.3 Nepřehlednost křižovatky

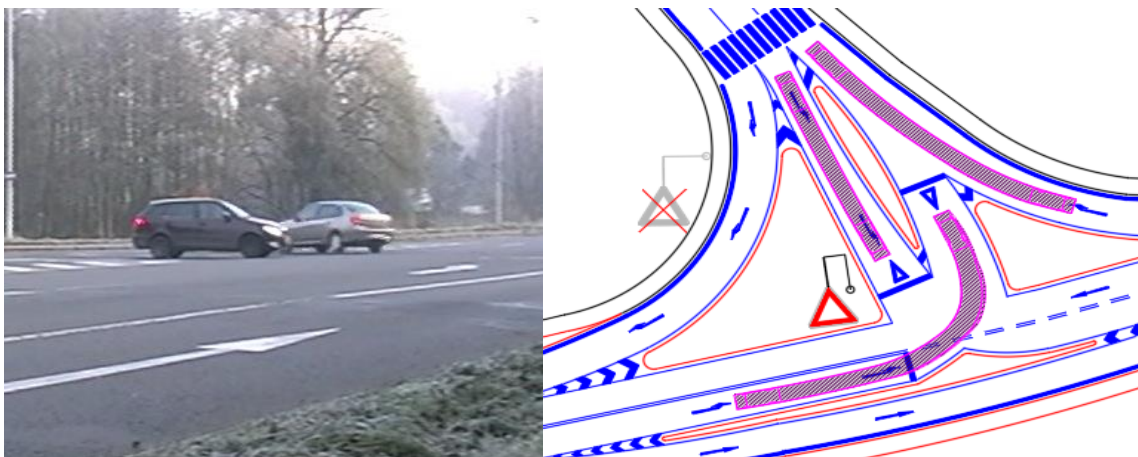
Nepřehlednost se odráží také na zdánlivě nekonfliktním místě. Řidiči jedoucí po hlavní ze západního směru nedávají nikomu přednost. Přesto jsem zaznamenal, že více než 90 % vozidel při vjezdu do křižovatky použije brzdy. Jedná se o zcela nejvytíženější směr na křižovatce. Fyzické rozdělení tohoto pruhu travnatou plochou, zachová plynulost dopravy a zvýší bezpečnost vozidel připojujících se z vedlejší komunikace, jak ukazuje obrázek č. 5.



Obrázek č. 5 – Brzdící vozidlo na hlavní komunikaci a provedená opatření

5.4 Nedostatečné dopravní značení

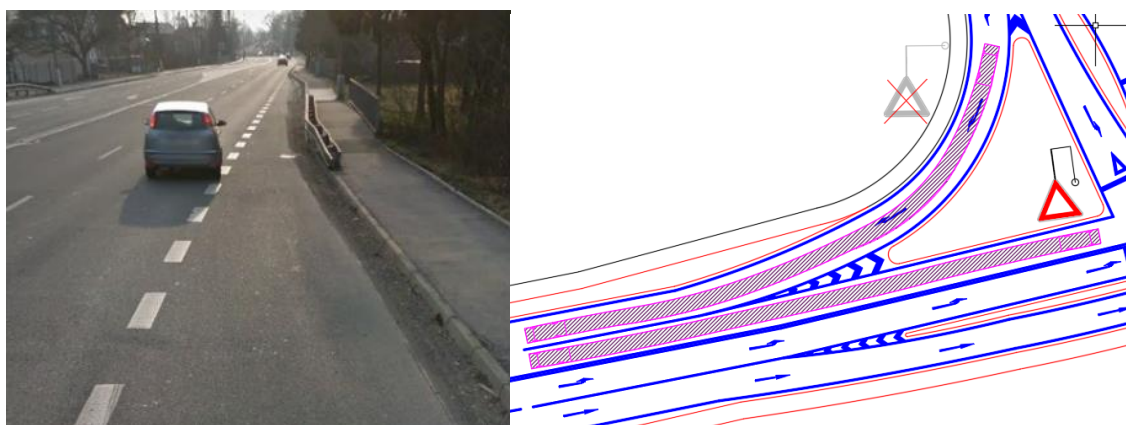
Největší množství dopravních nehod na této křižovatce je zapříčiněno, nedáním přednosti z vedlejší komunikace a následným bočním nárazem. Obrovský podíl na tom má kromě nepřehledné situace, také nedostatečné dopravní značení. Konkrétně značení P4 (Dej přednost v jízdě) je oproti současnému stavu navrženo strategičtěji. Původně bylo značení umístěno dalekých 30 metrů od výhledového místa. Přidáním vodorovného značení s upozorněním na přednost v jízdě, ještě navyšují bezpečnost provozu, viz obrázek číslo 6.



Obrázek č. 6 – Nedání přednosti z vedlejší komunikace a opatření pro eliminaci těchto situací

5.5 Nevyhovující připojovací pruh

Poslední konfliktní situace na níž poukážu, vychází z napojení vedlejší komunikace na západní rameno. Je provedeno špatně řešeným připojovacím pruhem. Vodorovné značení se nejdříve zužuje, ale následně opět rozšíří. Připojovací pruh je dlouhý přibližně 100 metrů. Reálně však vozidlo bez zasažení do pravého jízdního pruhu může využít 25 metrů. Dochází tak k nebezpečným situacím a mnohdy prudkému brždění vozidel jedoucích rovně po hlavní silnici. Tyto potíže řeší mnou navržené připojení v samostatném pruhu. Vozidla tak nejsou nucena dávat nikomu přednost a provoz zůstává plynulejší, viz obrázek číslo 7.



Obrázek č. 7 – Nevyhovující připojovací pruh a možnost jeho řešení

6 NEŘÍZENÁ STYKOVÁ KŘÍŽOVATKA

Při pohledu na současný tvar křižovatky, jí řadíme do kategorie stykových úrovnňových křižovatek. Její tvar při půdorysném pohledu připomíná písmeno „T“. Kompletní dopravní řešení současného stavu lze vidět ve výkresu číslo 1. Pro stanovení úrovně kvality dopravy na křižovatce, je nutno posuzovat ji pro současný i výhledový stav.

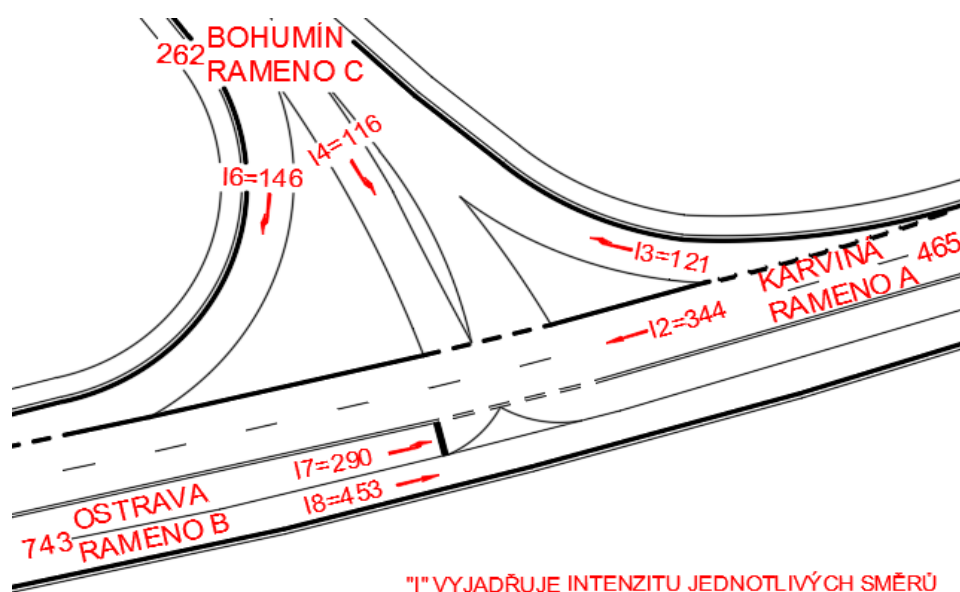
6.1 Kapacitní posouzení současného stavu stykové křižovatky

Pro kapacitní posuzování současného stavu využíváme normu TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek [6]. Výpočet vychází z naměřených hodnot intenzit dopravy. Při výpočtech je však nutné zohlednit délku vozidel a jejich chování na vozovce. Proto se při výpočtech vozidla přenásobují daným koeficientem, viz tabulka číslo 3.

Typ křižovatky	Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla *	Nákladní vozidla, autobusy **	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Styková	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
* Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti					
** Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav a kloubové autobusy					

Tabulka č. 3 – Přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu stykové křižovatky

Výsledné hodnoty přepočtených vozidel projíždějících jednotlivými směry za hodinu, jsou shrnuty na obrázku číslo 8. Zde je také přehledné rozdělení jednotlivých ramen.



Obrázek č. 8 – Přepočtené intenzity jednotlivých proudů ve špičkové hodině

Pro úspěšný postup ve výpočtu je nutné stanovit **stupně nadřazenosti**. Ty vyznačují přednostní právo jednotlivých směrů: I. stupeň – 2,3,8

II. stupeň – 6,7

III. stupeň – 4

Dalším bodem výpočtu je určení **rozhodující intenzity**. Proudů zařazené do I. stupně nedávají nikomu přednost, proto je není nutné posuzovat. Skladba jednotlivých vzorců odpovídá normě TP 188 [x]: $I_{H7} = I_2 + I_3 = 344 + 121 = 465 \text{ voz/h}$

$$I_{H6} = I_2/2 + 0,5 \cdot I_3 = 344/2 + 0,5 \cdot 121 = 233 \text{ voz/h}$$

$$I_{H4} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_7 = 344 + 0,5 \cdot 121 + 290 = 695 \text{ voz/h}$$

Výpočet pokračuje zjištěním **kritické časové mezery**. Pro tento výpočet je nutné určit rychlost projíždějících vozidel. V mém případě použiji nejvyšší dovolenou rychlost vozidel 50 km/h v hlavním směru: $tg_7 = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = 4,5 \text{ s}$

$$tg_6 = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$tg_4 = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%} = 5,2 + 0,022 \cdot 50 = 6,3 \text{ s}$$

Následný časový odstup pak určujeme dle normy TP 188 [6], kde rozhoduje jestli vozidlo při jízdě křižovatkou odbočuje a jaké dopravní značení z vedlejší silnice musí respektovat. V mém případě se jedná o značku P4 (Dej přednost v jízdě), z čehož vyplývají dosazené hodnoty následných mezer: $t_{f,7} = 2,6 \text{ s}$

$$t_{f,6} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f,4} = 3,5 \text{ s}$$

Nyní se dostáváme k výpočtu **základní kapacity**. Ta je pro I. stupeň nadřazenosti rovna počtu 1800 pvoz/h. Další dva stupně je nutné vypočítat pomocí následujícího vztahu pro G_n :

$$G_7 = \frac{3600}{t_{f,7}} \cdot e^{-\frac{I_{H7}}{3600} \cdot \left(tg_7 - \frac{t_{f,7}}{2}\right)} = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{465}{3600} \cdot \left(4,5 - \frac{2,6}{2}\right)} = 916 \text{ voz/h}$$

$$G_6 = \frac{3600}{t_{f,6}} \cdot e^{-\frac{I_{H6}}{3600} \cdot \left(tg_6 - \frac{t_{f,6}}{2}\right)} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{233}{3600} \cdot \left(4,7 - \frac{3,1}{2}\right)} = 947 \text{ voz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{t_{f,4}} \cdot e^{-\frac{I_{H4}}{3600} \cdot \left(tg_4 - \frac{t_{f,4}}{2}\right)} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{695}{3600} \cdot \left(6,3 - \frac{3,5}{2}\right)} = 427 \text{ voz/h}$$

Výsledná kapacita je u prvních dvou stupňů stejná jako základní. U třetího stupně je však nutno vynásobit základní kapacitu pravděpodobností nevzdutí nadřazených proudů:

$$\text{I. Stupeň: } C_2 = C_3 = C_8 = 1800 \text{ voz/h}$$

$$\text{II. Stupeň: } C_6 = G_6 = 947 \text{ voz/h}$$

$$C_7 = G_7 = 916 \text{ voz/h}$$

$$\text{III. Stupeň: } C_4 = G_4 \cdot p_{\emptyset,7} = 427 \cdot 0,68 = 290 \text{ voz/h}$$

$$p_{\emptyset,7} = \max \left\{ \frac{1 - a_{v,7}}{2} \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{I_7}{C_7} \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{290}{916} \right\} = 0,68$$

Jedním z posledních výpočtů je zjištění **rezervy kapacity**. Jedná se o rozdíl mezi kapacitou jednotlivých směrů a intenzitou jejich vytížení:

$$R_2 = C_2 - I_2 = 1800 - 344 = 1456 \text{ voz/h}$$

$$R_3 = C_3 - I_3 = 1800 - 121 = 1679 \text{ voz/h}$$

$$R_4 = C_4 - I_4 = 290 - 116 = 174 \text{ voz/h}$$

$$R_6 = C_6 - I_6 = 947 - 146 = 801 \text{ voz/h}$$

$$R_7 = C_7 - I_7 = 916 - 290 = 626 \text{ voz/h}$$

$$R_8 = C_8 - I_8 = 1800 - 453 = 134 \text{ voz/h}$$

Pro přehlednější zjištění výsledků vyjádříme **rezervu kapacity v %**:

$$R_2 = \left(1 - \frac{I_2}{C_2} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{344}{1800} \right) \cdot 100 = 80,89 \%$$

$$R_3 = \left(1 - \frac{I_3}{C_3} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{121}{1800} \right) \cdot 100 = 93,28 \%$$

$$R_4 = \left(1 - \frac{I_4}{C_4} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{116}{290} \right) \cdot 100 = 60,00 \%$$

$$R_6 = \left(1 - \frac{I_6}{C_6} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{146}{947} \right) \cdot 100 = 84,58 \%$$

$$R_7 = \left(1 - \frac{I_7}{C_7} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{290}{916} \right) \cdot 100 = 68,34 \%$$

$$R_8 = \left(1 - \frac{I_8}{C_8} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{453}{1800} \right) \cdot 100 = 74,83 \%$$

Stanovení stupně vytížení je potřebné, pro zjištění **délky tvořící se fronty**. Tu určíme z grafu normy TP 188 (příloha 1), přičemž její výsledná hodnota bude reálně v

$$95 \% \text{ času menší: } a_{v,4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{116}{290} = 0,40 \Rightarrow N_{95\%} = 12 \text{ m}$$

$$a_{v,6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{146}{947} = 0,15 \Rightarrow N_{95\%} = 4 \text{ m}$$

$$a_{v,7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{290}{916} = 0,32 \Rightarrow N_{95\%} = 10 \text{ m}$$

Poslední a rozhodující je určení **střední doby zdržení** a z ní vycházející **úrovně kvality dopravy** na křižovatce. Právě ta je při výpočtu kapacity křižovatky směrodatná. Pro její zařazení do úrovně skupiny využívám graf z TP 188 uvedený v příloze 2.

$$t_{w2} = 1 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = A$$

$$t_{w3} = 1 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = A$$

$$t_{w4} = 22 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = C - \text{zdržení s frontou}$$

$$t_{w6} = 5 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = A$$

$$t_{w7} = 7 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = A$$

$$t_{w8} = 2 \text{ s} \Rightarrow \dot{U}KD = A$$

Z výsledných hodnot je zřejmé, že při průjezdu křižovatkou po hlavní komunikaci v současné době dochází k nejnižšímu možnému zdržení. Naopak na vedlejší komunikaci může docházet ke krátkým frontám. V současné době však křižovatka **splňuje kapacitní požadavky** na její průjezdnost.

6.2 Kapacitní posouzení výhledového stavu stykové křižovatky

Při analýze současného stavu křižovatky a následném vypracování variant na její změnu, je nutné stanovit výhledovou intenzitu. Pro mé výpočty jsem zvolil dvacetileté období a stanovil tak jako výhledový rok 2036. Ve výpočtech jsem použil koeficienty z normy TP 225 [7], konkrétně pak tabulku pro všechna vozidla. Zde bylo nutné rozlišovat třídu komunikace. Pro silnici I. třídy vedoucí v hlavním směru jsem tak volil koeficient 1,53. Hodnoty špičkové hodiny pro rameno C na vedlejší komunikaci, jsem však násobil koeficientem pro silnici II. třídy, jehož hodnota činí 1,49. Výsledné hodnoty špičkové hodiny po násobení koeficientem jsou součástí tabulky číslo 4.

VÝHLEDOVÁ INTENZITA ŠPIČKOVÉ HODINY						
SMĚR	A		C		B	
PROUD	2	3	4	6	7	8
[pvoz/h]	530	186	174	219	447	698

Tabulka č. 4 – Výhledová intenzita špičkové hodiny

Po získání výhledových hodnot špičkové hodiny následuje totožný výpočet jako pro současný stav stykové křižovatky. Ten je podrobně popsán v předešlé kapitole (6.1). Nyní budu používat stejné vzorce pro jeho možné vyhodnocení, avšak již bez slovního komentáře.

Stupně nadřazenosti jsou:

I. Stupeň – 2,3,8

II. stupeň – 6,7

III. stupeň – 4

Rozhodující intenzita:

$$I_{H7} = I_2 + I_3 = 530 + 186 = 716 \text{ voz/h}$$

$$I_{H6} = I_2/2 + 0,5 \cdot I_3 = 530/2 + 0,5 \cdot 186 = 358 \text{ voz/h}$$

$$I_{H4} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_7 = 530 + 0,5 \cdot 186 + 447 = 1070 \text{ voz/h}$$

Kritická mezera:

$$tg_7 = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = 4,5 \text{ s}$$

$$tg_6 = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$tg_4 = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%} = 5,2 + 0,022 \cdot 50 = 6,3 \text{ s}$$

Následná mezera:

$$tf_{,7} = 2,6 \text{ s}$$

$$tf_{,6} = 3,1 \text{ s}$$

$$tf_{,4} = 3,5 \text{ s}$$

Základní kapacita:

$$G_7 = \frac{3600}{tf_{,7}} \cdot e^{-\frac{IH_7}{3600} \cdot (tg_7 - \frac{tf_{,7}}{2})} = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{716}{3600} \cdot (4,5 - \frac{2,6}{2})} = 733 \text{ voz/h}$$

$$G_6 = \frac{3600}{tf_{,6}} \cdot e^{-\frac{IH_6}{3600} \cdot (tg_6 - \frac{tf_{,6}}{2})} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{358}{3600} \cdot (4,7 - \frac{3,1}{2})} = 849 \text{ voz/h}$$

$$G_4 = \frac{3600}{tf_{,4}} \cdot e^{-\frac{IH_4}{3600} \cdot (tg_4 - \frac{tf_{,4}}{2})} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{1070}{3600} \cdot (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 266 \text{ voz/h}$$

Výsledná kapacita:I. Stupeň: $C_2 = C_3 = C_8 = 1800 \text{ voz/h}$ II. Stupeň: $C_6 = G_6 = 849 \text{ voz/h}$

$$C_7 = G_7 = 733 \text{ voz/h}$$

III. Stupeň: $C_4 = G_4 \cdot p_{\emptyset,7} = 266 \cdot 0,39 = 104 \text{ voz/h}$

$$p_{\emptyset,7} = \max \left\{ \frac{1 - av_{,7}}{2} \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{I_7}{C_7} \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{447}{733} \right\} = 0,39$$

Rezerva kapacity:

$$R_2 = C_2 - I_2 = 1800 - 530 = 1270 \text{ voz/h}$$

$$R_3 = C_3 - I_3 = 1800 - 186 = 1614 \text{ voz/h}$$

$$R_4 = C_4 - I_4 = 104 - 174 = \underline{-70 \text{ voz/h}}$$

$$R_6 = C_6 - I_6 = 849 - 219 = 630 \text{ voz/h}$$

$$R_7 = C_7 - I_7 = 733 - 447 = 286 \text{ voz/h}$$

$$R_8 = C_8 - I_8 = 1800 - 698 = 1102 \text{ voz/h}$$

Rezerva kapacity v %:

$$R_2 = \left(1 - \frac{I_2}{C_2}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{530}{1800}\right) \cdot 100 = 70,56 \%$$

$$R_3 = \left(1 - \frac{I_3}{C_3}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{186}{1800}\right) \cdot 100 = 89,67 \%$$

$$R_4 = \left(1 - \frac{I_4}{C_4}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{174}{104}\right) \cdot 100 = \underline{-67,31 \%}$$

$$R_6 = \left(1 - \frac{I_6}{C_6}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{219}{849}\right) \cdot 100 = 74,20 \%$$

$$R_7 = \left(1 - \frac{I_7}{C_7}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{447}{733}\right) \cdot 100 = 39,02 \%$$

$$R_8 = \left(1 - \frac{I_8}{C_8}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{698}{1800}\right) \cdot 100 = 61,22 \%$$

Stanovení stupně vytížení a délky fronty:

$$a_{v,4} = \frac{I_4}{C_4} = \frac{174}{290} = 0,60 \Rightarrow N_{95\%} = 30 \text{ m}$$

$$a_{v,6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{219}{947} = 0,23 \Rightarrow N_{95\%} = 10 \text{ m}$$

$$a_{v,7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{447}{916} = 0,49 \Rightarrow N_{95\%} = 20 \text{ m}$$

Určení střední doby zdržení a úrovně kvality dopravy:

$$t_{w2} = 2 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

$$t_{w3} = 1 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

$$t_{w4} = \text{NELZE URČIT} \Rightarrow \text{ÚKD} = E - \text{nestabilní stav}$$

$$t_{w6} = 8 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

$$t_{w7} = 14 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = B - \text{zdržení bez front}$$

$$t_{w8} = 2 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

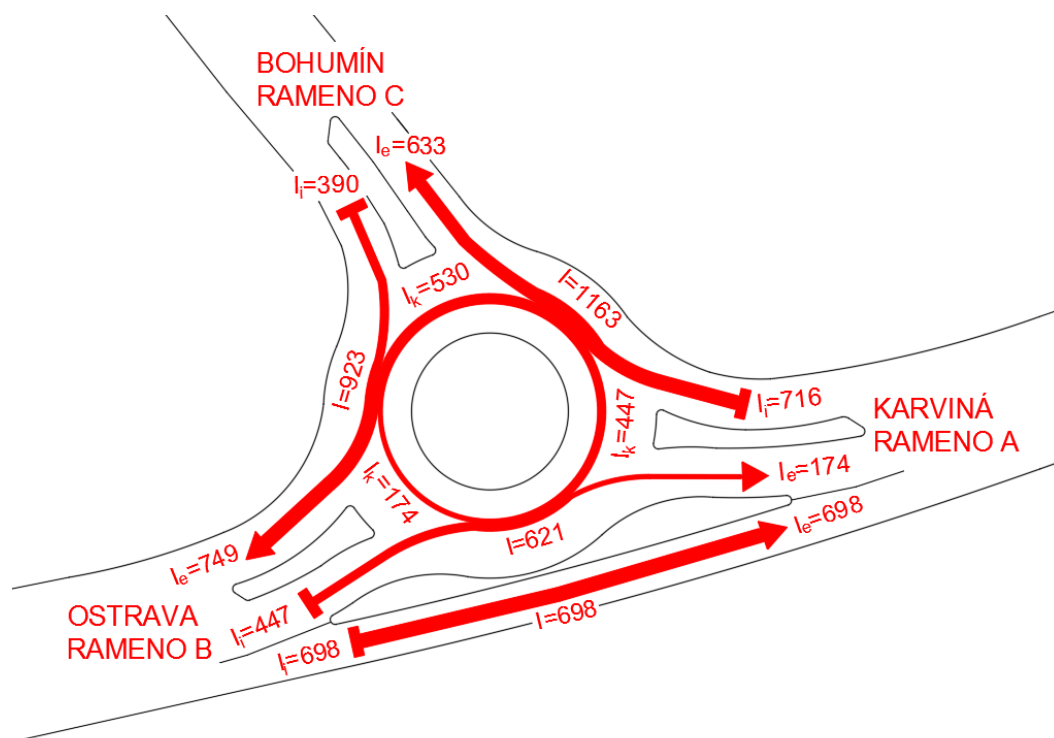
Styková křižovatka pro výhledový rok **nevyhovuje na úroveň kvality dopravy**. Vedlejší komunikace se řadí do nejhorší kategorie a nesplňuje tak požadavky dle TP 225 [7].

7 VARIANTA OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

Při návrhu na zkvalitnění dopravy a zvýšení bezpečnosti na křižovatce jsem vypracoval variantu okružní křižovatky. Oproti současnému uspořádání je okružní křižovatka bezpečnější, přičemž její vjezdové rameno má vyšší kapacitu projetých vozidel za den. Celý návrh jsem prováděl s pomocí normy TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek [8]. Součástí návrhu je také přiložený situační výkres číslo 3 a ověření jeho průjezdnosti ve výkresu číslo 6.

7.1 Vstupní hodnoty výpočtu

Pro návrh okružní křižovatky je nutno používat výhledové intenzity špičkové hodiny. Ty jsou již vyjádřeny v tabulce číslo 4 předešlé kapitoly. Z výhledových intenzit lze vyčíst poměrně vysoké zatížení ramena B. Tuto skutečnost jsem se rozhodl řešit strategickým umístěním spojovací větve, tzv. bypassu v nejvytíženějším směru. Tento samostatný jízdní pruh propojuje západní rameno s východním, díky čemuž se vozidla projíždějící rovně nemusí přímo zapojit do provozu na okružní křižovatce. Vybudovaný bypass tak snižuje intenzitu vozidel, projíždějících okružní křižovatkou a zvyšuje celkovou bezpečnost na ní. Jako samostatný jízdní pruh splňuje veškeré požadavky dané normou ČSN 73 6102 [9]. Pro přehledné určení vytížení jednotlivých ramen jsem vytvořil pentlogram, viz obr. č. 9.



Obrázek č. 9 – Pentlogram okružní křižovatky [pvoz/h]

7.2 Vzorce pro výpočet okružní křižovatky

Kapacitní posouzení vjezdů dle vztahu:

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_{k,i}}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{\frac{-I_{k,i}}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)},$$

- kde I_k je intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h],
 Δ minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s],
 n_k počet jízdních pruhů na okružním páse [-],
 $n_{i,koef}$ koeficient zohledňující počet pruhů na vjezdu [-],
 $n_{i,koef} = 1,00$ pro jednopruhovému vjezdu,
 $n_{i,koef} = 1,50$ pro dvoupruhové vjezdy,
 t_f následný časový odstup [s],
 t_g kritický časový odstup [s].

Rezerva kapacity

Před určením střední doby zdržení v sekundách, můžeme díky znalostem výhledových intenzit v jednotlivých směrech a daných kapacit stanovit rezervu kapacity dle vztahu:

$$R_{ez} = C_i - I_i,$$

- kde C_i kapacita vjezdu [pvoz/h],
 I_i intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h].

Střední doby zdržení a ÚKD

Pro stanovení střední doby zdržení a úrovně kvality dopravy využívám stejně jako v případě stykové neřízené křižovatky tabulky v příloze číslo 1.

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech

Délku fronty na vjezdech do neřízené křižovatky dimenzujeme na 95 % pravděpodobnost uvažované délky fronty. Stupeň vytížení je dán vztahem:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n},$$

- kde a_v je stupeň vytížení [-],
 I_n návrhová intenzita dopravního proudu n [pvoz/h],
 C_n kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h].

Základní kapacita výjezdu z okružní křižovatky je dána vztahem:

$$C_e = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f},$$

kde C_e kapacita výjezdu [voz/h],

$n_{e,koef}$ koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-],

$n_{i,koef} = 1,00$ pro jednopruhé vjezdy,

$n_{i,koef} = 1,50$ pro dvoupruhové vjezdy,

t_f následný časový odstup vozidel na výjezdu [s].

Posouzení kapacity

Pro každý výjezd okružní křižovatky se vypočte stupeň vytížení a_v , dle vztahu:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n},$$

kde a_v je stupeň vytížení [-],

I_n návrhová intenzita dopravního proudu n [pvoz/h],

C_n kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h].

Pokud je $a_v < 0,9$ výjezd kapacitně vyhoví, pro $a_v \geq 0,9$ výjezd kapacitně nevyhovuje.

7.3 Kapacitní výpočet samostatného jízdního pruhu ramena B

Podle normy TP 188 [6] budeme tento směr počítat jako samostatný jízdní pruh s kapacitou 1800 pvoz/h.

Rezerva kapacity:

$$R_{BB} = C_{Bb} - I_{Bb} = 1800 - 698 = 1102 \text{ voz/h}$$

Rezerva kapacity v %:

$$R_{BB} = \left(1 - \frac{I_{Bb}}{C_{Bb}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{698}{1800}\right) \cdot 100 = 61,22 \%$$

Určení střední doby zdržení a úrovně kvality dopravy:

$$t_{w2} = 1 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

Samostatný jízdní pruh **vyhovuje** bez zdržení v tomto směru.

7.4 Kapacitní výpočet ramena A

Kapacita vjezdu:

$$I_{kA} = I_{B-C} = 447 \text{ pvoz/h}$$

$$n_k = 1$$

$$n_{i,koef} = 1$$

$$t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 15 = 4,1 \text{ s}$$

$$t_f = 2,6 \text{ s}$$

$$\Delta = 2,1 \text{ s}$$

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_{k,i}}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{\frac{-I_{k,i}}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

$$C_{iA} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 447}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{\frac{-447}{3600} \cdot (4,1 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 938 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$R_A = C_{iA} - I_{iA} = 938 - 716 = 222 \text{ pvoz/h}$$

$$R_A = \left(1 - \frac{I_{iA}}{C_{iA}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{716}{938}\right) \cdot 100 = 23,66 \%$$

Střední doba zdržení a ÚKD:

$$t_w = 16 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = B - \text{zdržení ještě bez front}$$

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_{viA} = \frac{I_{iA}}{C_{iA}} = \frac{716}{938} = 0,76 < 0,9 \quad N_{95\%} \Rightarrow 50 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu:

$$C_{eA} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1385 \text{ voz/h}$$

Stupeň vytížení výjezdu:

$$a_{veA} = \frac{I_{eA}}{C_{eA}} = \frac{174}{1385} = 0,13 < 0,9 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

7.5 Kapacitní výpočet ramena B

Kapacita vjezdu:

$$I_{k,B} = I_{C-A} = 174 \text{ pvoz/h}$$

$$n_k = 1$$

$$n_{i,koef} = 1$$

$$t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 15 = 4,1 \text{ s}$$

$$t_f = 2,6 \text{ s}$$

$$\Delta = 2,1 \text{ s}$$

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_{k,i}}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{\frac{-I_{k,i}}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

$$C_{iB} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 174}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{\frac{-174}{3600} \cdot (4,1 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 1203 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$R_B = C_{iB} - I_{iB} = 1203 - 447 = 756 \text{ pvoz/h}$$

$$R_B = \left(1 - \frac{I_{iB}}{C_{iB}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{447}{1203}\right) \cdot 100 = 62,84 \%$$

Střední doba zdržení a ÚKD:

$$t_w = 4 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_{viB} = \frac{I_{iB}}{C_{iB}} = \frac{447}{1203} = 0,37 \quad N_{95\%} \Rightarrow 11 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu:

$$C_{eB} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1385 \text{ voz/h}$$

Stupeň vytížení výjezdu:

$$a_{veB} = \frac{I_{eB}}{C_{eB}} = \frac{749}{1385} = 0,54 < 0,9 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

7.6 Kapacitní výpočet ramena C

Kapacita vjezdu:

$$I_{kC} = I_{A-B} = 530 \text{ pvoz/h}$$

$$n_k = 1, n_{i,koef} = 1$$

$$t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b = 5,6 - 0,1 \cdot 15 = 4,1 \text{ s}$$

$$t_f = 2,6 \text{ s}$$

$$\Delta = 2,1 \text{ s}$$

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_{k,i}}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{\frac{-I_{k,i}}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)}$$

$$C_{iC} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 530}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{\frac{-530}{3600} \cdot (4,1 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 863 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity:

$$R_C = C_{iC} - I_{iC} = 863 - 390 = 473 \text{ pvoz/h}$$

$$R_C = \left(1 - \frac{I_{iC}}{C_{iC}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{390}{863}\right) \cdot 100 = 54,81 \%$$

Střední doba zdržení a ÚKD:

$$t_w = 8 \text{ s} \Rightarrow \text{ÚKD} = A$$

Stupeň vytížení a délka fronty na vjezdech:

$$a_{viC} = \frac{I_{iC}}{C_{iC}} = \frac{390}{863} = 0,45 \quad N_{95\%} \Rightarrow 13 \text{ m}$$

Kapacita výjezdu:

$$C_{eC} = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} = \frac{3600 \cdot 1}{2,6} = 1385 \text{ voz/h}$$

Stupeň vytížení výjezdu:

$$a_{veC} = \frac{I_{eC}}{C_{eC}} = \frac{633}{1385} = 0,46 < 0,9 \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Okružní křižovatka **splňuje požadavky pro úroveň kvality dopravy** dle normy TP 234 [8].

8 VARIANTA SVĚTELNĚ ŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY

Světelně řízená styková křižovatka je další možností na řešení současného nevyhovujícího stavu. V porovnání s neřízenou křižovatkou se jedná o bezpečnější variantu. Hlavní výhodou je její eliminace kolizních bodů, díky fázování dopravy. Při rozdělení provozu na křižovatce do několika fází, dochází ke snížení rizika střetu vozidel. Další výhodou je větší kapacita projetých vozidel za hodinu vůči neřízené i okružní křižovatce. Při zpracovávání celého návrhu jsem používal normu TP 235 [10]. Situační návrh je součástí výkresu číslo 4 a ověření jeho průjezdnosti pak výkresu číslo 7.

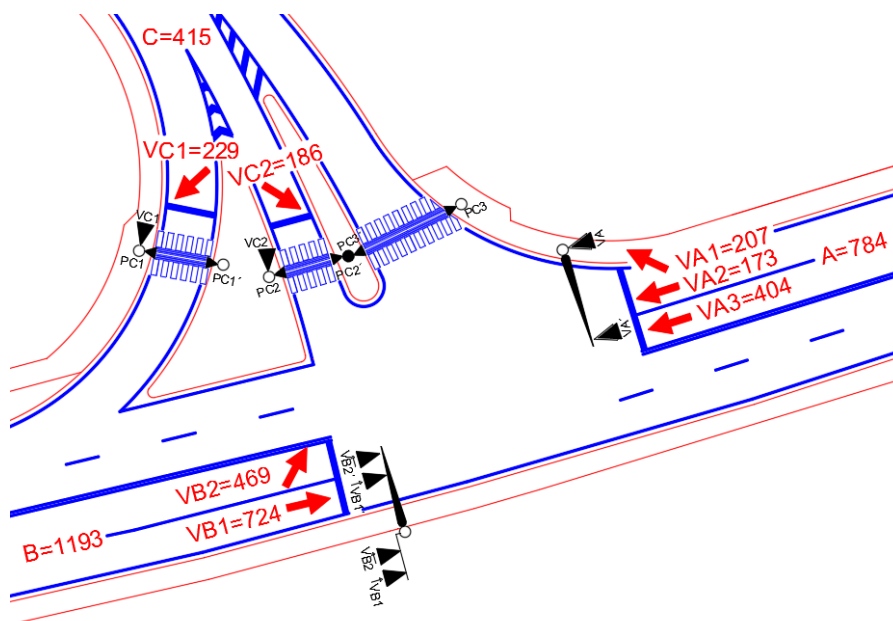
8.1 Vstupní údaje pro výpočet

Prvním krokem při výpočtu je potřeba stanovit intenzitu jednotlivých proudů. Pro výpočet světelné křižovatky je potřeba násobit návrhové intenzity koeficienty v tabulce 5.

Druh vozidel	Koeficient
Jízdní kola	0,5
Motocykly	0,8
Osobní vozidla (včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti)	1,0
Nákladní vozidla (nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav)	1,7
Autobusy (mimo kloubových)	1,7
Nákladní soupravy, kloubové autobusy	2,5

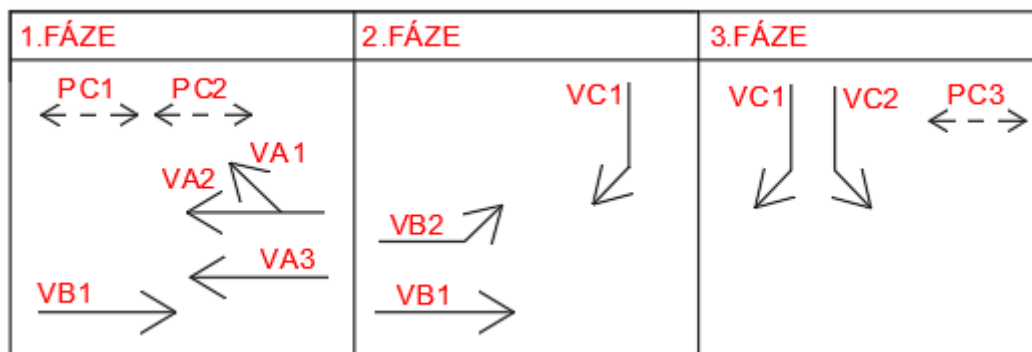
Tabulka č. 5 – Koeficienty skladby dopravního proudu světelně řízené křižovatky

Rozložení intenzit dopravních proudů je přehledně vyznačeno na obrázku číslo 10. Zde je také viditelné světelně signalizační zařízení nacházející se v návrhu tohoto řešení.



Obrázek č. 10 – Rozdělení dopravních směrů a jejich intenzita vytížení

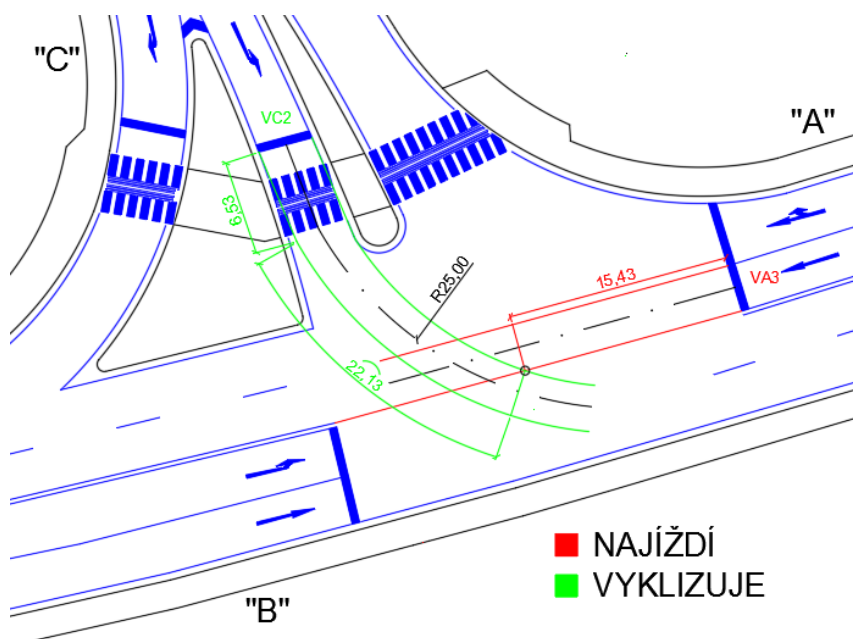
Po rozdělení světelně signalizačního zařízení jsem zvažoval nejideálnější fázové rozdělení. Vzhledem k nezanedbatelně vysokým intenzitám jsem se rozhodl pro třífázové pevné řízení, viz obrázek číslo 11. Součástí celého návrhu je také světelně signalizační zařízení pro chodce. Jejich intenzita je v současnosti nízká, přesto jsem jí do návrhu zahrnul.



Obrázek č. 11 – Třífázové schéma řízení křižovatky

8.2 Výpočet mezičasů

Prvním krokem při výpočtu mezičasů je určení kolizních situací, které mohou nastat. V našem případě nastává 23 možných kolizních situací, přehledně vypsanych v příloze 3. Pro úspěšný postup ve výpočtu, je potřeba přesně stanovit a vyměřit délku drah najížděcích a vyklizovacích vozidel. Varianta, kdy do křižovatky najíždí směr VA3 a směr VC2 křižovatku vyklizuje, je viditelná na obrázku číslo 12. Při zvoleném pořadí fází, jež je součástí dalšího výpočtu však zjistíme, že k některým kolizním situacím na křižovatce reálně nedojde. Všech patnáct možných variant střetů vozidel, je však vyobrazeno v přiloženém výkresu č. 8.



Obrázek č. 12 – Vyznačení kolizní situace pro směry VA3 a VC2

Vzorce pro výpočet mezičasů jsou následující:

Najíždějíci doba:

$$t_n = L_n / V_n,$$

kde t_n je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla od stopčáry ke koliznímu bodu [s],

L_n najíždějící dráha vozidla [s],

V_n najíždějící rychlost vozidla [m/s].

Vyklizovací doba:

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{V_v},$$

kde t_v je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla ke koliznímu bodu [s],

L_v vyklizovací dráha [m],

l_{voz} délka vyklizovacího vozidla [m],

V_v vyklizovací rychlost vozidla [m/s].

Mezičas:

$$t_m = t_v - t_n + t_b,$$

kde t_m je doba mezi koncem a začátkem signálu volno, přičemž výslednou hodnotu zaokrouhlujeme nesymetricky od hodnoty 0,3 nahoru,

t_v je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla ke koliznímu bodu [s],

t_n je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla od stopčáry ke koliznímu bodu [s],

t_b bezpečnostní doba zohledňující průjezd vozidel po skončení signálu volno,

(u vozidel $t_b = 2$ s, u chodců $t_b = 0$ s).

Výsledky všech výpočtů provedených tímto postupem, shromažďuje tabulka mezičasů. Tabulka je z důvodu její velikosti vyobrazena v příloze číslo 3. Důležitým krokem je také zjištění ideálního pořadí jednotlivých fází. V případě třífázového provozu můžeme sestavit dvě kombinace, viz tabulka 6. Výběrem zvolíme časově kratší pořadí. Získání hodnot mezičasů pro obě možnosti ukazují tabulky v příloze číslo 4 a 5.

Číslo kombinace	Pořadí fází	Součtový mezičas	VYHODNOCENÍ
1	1...2...3	$t_{m1} = 7 + 4 + 4 = 15$ s	ZVOLENO
2	1...3...2	$t_{m2} = 4 + 6 + 7 = 17$ s	NEZVOLENO

Tabulka č. 6 – Určení vhodnějšího pořadí fází

8.3 Výpočet délky cyklu metodou saturevaného toku

Pro posouzení kapacity světelně řízené křižovatky je nutné zjistit saturevané toky jednotlivých vjezdů. Vzorce pro výpočet vycházejí z normy TP 235 [10] a jsou následovné:

Saturevaný tok vjezdu:

$$S_v = \sum_{i=1}^{n_p} S_i ,$$

kde S_v je saturevaný tok vjezdu [pvoz/h],

S_i saturevaný tok jednoho řadicího pruhu [pvoz/h],

n_p počet řadicích pruhů, které společně tvoří jeden vjezd [-].

Saturevaný tok řadicího pruhu:

$$S_i = S_{zakl} \cdot k_{skl} \cdot k_{obl} ,$$

kde S_i je saturevaný tok řadicího pruhu [pvoz/h],

S_{zakl} základní saturevaný tok roven 2000 [pvoz/h],

k_{skl} koeficient sklonu [-],

k_{obl} koeficient oblouku [-].

Koeficient sklonu vyjadřující vliv podélného sklonu na saturevaný tok:

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot a ,$$

kde k_{skl} je koeficient sklonu [-],

a podélný sklon vjezdu určený dle tabulky číslo 7 [%].

Podélný sklon a [%]	Koeficient sklonu k_{skl} [-]	
	při stoupání	při klesání
0	1,00	1,00
2	0,96	1,00
4	0,92	1,00
6	0,88	1,00
8	0,84	1,00
10 a více	0,80	1,00
Při vodorovném vjezdu, či v klesání se $a = 0$		

Tabulka č. 7 – Hodnoty koeficientu sklonu

Koeficient oblouku vyjadřuje vliv poloměru oblouku a podílu odbočujících vozidel:

$$k_{obl} = \frac{R}{R + 1,5 \cdot f} ,$$

kde k_{obl} je koeficient oblouku [-],

R poloměr oblouku pro odbočení [m],

f podíl odbočujících vozidel z jízdního pruhu (0 až 1) [-].

Dosavadní výsledky výpočtů délky cyklu jsou zaznamenány v tabulce číslo 8.

Vjezd	fáze	I_v	$S_{zákl}$	sklon	α	k_{skl}	R	f	k_{obl}	S_i	n_p	S_v
	-	pvoz/h	pvoz/h	%	-	-	m	-	-	pvoz/h	-	pvoz/h
VA1 (>) + VA2 (^)	1	380	2000	1,3	2,1	0,96	25,47	0,54	0,97	1857	1	1857
VA3 (^)	1	404	2000	1,3	2,1	0,96	-	0,00	1,00	1916	1	1916
VB1 (^)	1,2	724	2000	-1,3	0	1,00	-	0,00	1,00	2000	1	2000
VB2 (<)	2	469	2000	-1,3	0	1,00	14,86	1,00	0,91	1817	1	1817
VC1 (>)	2,3	229	2000	0	0	1,00	23,85	1,00	0,94	1882	1	1882
VC2 (<)	3	186	2000	0	0	1,00	26,12	1,00	0,95	1891	1	1891

Tabulka č. 8 – Výsledné hodnoty pro výpočet délky cyklu

8.4 Výpočet kapacity vjezdu

Zjištění kapacity vjezdu je podstatným krokem při návrhu světelně řízené křižovatky. Jejím porovnáním s intenzitou zatížení jednotlivých směrů lze stanovit úroveň kvality dopravy. Vzorce pro výpočet vycházejí z normy TP 235 [10] a jejich podoba je následovná:

Stupeň saturace:

$$y = I_v / S_v,$$

kde y je stupeň saturace [-],
 I_v intenzita vozidel [pvoz/h],
 S_v saturovaný tok vjezdu [pvoz/h].

Celkový stupeň saturace:

$$Y = \sum_{i=3} \max y,$$

kde Y je celkový stupeň saturace [-],
 $\max y$ v každé fázi zvolíme největší stupeň saturace a získáme kritický vjezd [-].

Celkový ztrátový čas:

$$L = \sum_{i=3} l,$$

kde L je celkový ztrátový čas za cyklus,
 l ztrátový čas mezi koncem zelené v jedné fázi a začátkem v další fázi (mezičas) [s].

Optimální délka cyklu:

$$t_{c,opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y},$$

kde $t_{c,opt}$ je optimální délka cyklu [s].

Reálná délka cyklu:

$$0,75 \cdot t_{c,opt} < t_c < 1,5 \cdot t_{c,opt} ,$$

kde t_c je reálná délka cyklu zvolená v daném intervalu [s].

Délka zelené pro kritický vjezd:

$$z = \frac{\max y \cdot (t_c - L)}{Y} ,$$

kde z je délka zelené pro kritický vjezd [s].

Kapacita vjezdu:

$$C_v = S_v \cdot (z' / t_c) ,$$

kde C_v je kapacita vjezdu [pvoz/h],

z' efektivní zelená získána zaokrouhlením délky zelené pro kritický vjezd [s].

Z provedeného výpočtu dle uvedeného postupu získáme hodnoty, jež jsou přehledně vypsány v tabulce číslo 9.

Vjezd	y	max y	Y	t _m	l	L	t _{c,opt}	t _c	z	z'	C _v
	-	-	-	s	s	s	s	s	s	s	pvoz/t
VA1 (>) + VA2 (Λ)	0,205	0,211	0,591	7	7	15	55,0	70	19,63	20	520
VA3 (Λ)	0,211										536
VB1 (Λ)	0,235	0,258		4	4				24,04	24	1446
VB2 (<)	0,258										623
VC1 (>)	0,122	0,122		4	4				11,33	11	1056
VC2 (<)	0,098										305

Tabulka č. 9 – Výsledné hodnoty pro výpočet kapacity vjezdu

8.5 Určení kvality dopravy na křižovatce

Pomocí určení kvality dopravy dokážeme efektivně porovnávat plynulost dopravy na jednotlivých variantách návrhu. Při jeho zjišťování používáme hodnoty získané dosavadním výpočtem. Postup určení úrovně kvality dopravy probíhá následovně:

Rezerva kapacity vjezdu:

$$Re z = \left(1 - \frac{I_v}{C_v} \right) \cdot 100 ,$$

kde $Re z$ je rezerva kapacity vjezdu [%].

Střední doba zdržení na vjezdu do křižovatky:

$$t_w = 0,45 \cdot \left(\frac{(t_c - z')^2 \cdot C_v}{C_v \cdot t_c - I_v \cdot z'} + \frac{I_v \cdot 3600}{C_v^2 - I_v \cdot C_v} \right),$$

kde t_w je střední doba zdržení na vjezdu do světelné křižovatky [s],

t_c délka cyklu [s],

z' délka efektivní zelené [s],

C_v kapacita vjezdu [pvoz/h],

I_v návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h].

Posouzení úrovně kvality:

Pomocí hodnoty střední doby zdržení dokážeme pro jednotlivé směry určit kvalitu dopravy na křižovatce. Pro tento účel slouží tabulka číslo 10.

Úroveň kvality		Střední doba zdržení v sekundách
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	≤ 20
B	Dobrá	≤ 35
C	Uspokojivá	≤ 50
D	Dostatečná	≤ 70
E	Nestabilní	> 70
F	Nevyhovující	– *
* ÚKD na stupni F je dosaženo při rezervě kapacity vjezdu $\text{Rez} \leq 0$		

Tabulka č. 10 – Limitní hodnoty střední doby na vjezdu

Výpočtem podle uvedených vzorců jsem získal informace potřebné pro vyhodnocení varianty světelně řízené křižovatky. Jejich shrnutí obsahuje tabulka číslo 11.

Vjezd	Rez	t_w	ÚKD
	%	s	-
VA1 (>) + VA2 (^)	26,92	8,9	A
VA3 (^)	24,69	9,6	A
VB1 (^)	49,92	1,5	A
VB2 (<)	24,70	8,3	A
VC1 (>)	78,32	0,8	A
VC2 (<)	39,08	8,7	A

Tabulka č. 11 – Určení kvality dopravy

8.6 Stanovení délky řadících pruhů

$$L_{F1} = 6,0 \cdot \frac{(t_c - z') \cdot I_v}{n_p \cdot 3600},$$

kde L_{F1} je průměrná délka fronty na začátku zeleného signálu [m],

t_c délka cyklu [s],

z' délka efektivní zelené [s],

I_v návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h],

n_p počet řadících pruhů, které společně tvoří jeden vjezd [-].

Hodnoty získané pomocí tohoto vzorce jsou přehledně uvedeny v tabulce číslo 12.

Délka řadících pruhů	
Vjezd	L_{F1} [m]
VA1 (>) + VA2 (^)	31,92
VA3 (^)	31,92
VB1 (^)	29,13
VB2 (<)	29,13
VC1 (>)	37,18
VC2 (<)	37,18

Tabulka č. 12 – Délky řadících pruhů

8.7 Sestavení signálního plánu a závěrečné ustanovení

Získané výpočty délek mezechasů a signálů volno nám slouží pro závěrečné sestavení signálního plánu, viz obrázek číslo 13. Jeho velikost určuje celková délka cyklu a tvoří přehledný souhrn světelného řízení křižovatky.

Signální plán		Délka cyklu 70 s							
		1. Fáze = 20 s		4 s	2. Fáze = 24 s		4 s	3. Fáze = 11 s	7 s
Návěstidlo		10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s	70 s	
Vozidla	VA, VA'								
	VB1, VB1'								
	VB2, VB2'								
	VC1								
	VC2								
Chodci	PC1, PC1'								
	PC2, PC2'								
	PC3, PC3'								

Obrázek č. 13 – Signální plán světelně řízené křižovatky

Varianta světelně řízené křižovatky **vyhovuje** pro nejvyšší úroveň kvality dopravy. Splňuje veškeré požadavky stanovené normou a střední doba zdržení není vyšší než 10 s.

9 SIMULACE PROVOZU

Simulaci provozu jsem provedl v programu PTV Vissim. Tento software dokáže modelovat pohyby vozidel i chodců. Pro zkompletování poznatků o zvolené křižovatce, jsem vytvořil pět modelových případů. Jedná se o původní stav se současnými i výhledovými intenzitami, včetně jeho upravené varianty. Respektive o okružní a světelnou křižovatku. U prvních dvou zmíněných modelů, jsem jako podklad použil půdorysnou fotografii reálné podoby křižovatky. Následující tři modely jsou vypracovány na výstřižky výkresů, jež jsou součástí této bakalářské práce.

Nastavení simulace probíhá určením intenzit jednotlivých směrů. Ty jsou nadefinovány pomocí linek a konektorů, přičemž musí kopírovat vodorovné značení podkladu. Ve snaze o maximální přesnost modelových situací na křižovatce jsem nastavil také složení dopravního proudu. Došlo tak k odlišení vozidel dle jejich rozměrů i rychlosti pohybu na křižovatce.

Jednotlivé simulace probíhali dle očekávání a kopírovali dosažené výsledky výpočtů. Nejdelší kolony se tvořili v současném uspořádání pro výhledové intenzity. Mírné zdržení jsem zaznamenal také na východním ramenu okružní křižovatky. Naopak nejplynulejší provoz jsem registroval u světelně řízené křižovatky, nastavené podle vypočteného signálního plánu. Obrázek číslo 14 přibližuje modelování v softwaru PTV Vissim, přičemž všechny modelové stavy jsou obsaženy v příloženém CD.



Obrázek č. 14 – Simulace provozu v programu PTV Vissim

10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést analýzu současného stavu na stykové křižovatce ulic Ostravská – Slezská a vypracovat návrhy na její úpravu. Hlavní koncepcí provedených návrhů je zlepšit bezpečnost a průjezdnost křižovatkou. Pro tento postup bylo potřeba kapacitní posouzení současného stavu pomocí průzkumu intenzit. Situace na křižovatce i výpočty potvrdili, že současný stav kapacitně vyhovuje, ale bezpečnost na křižovatce je riziková. Bylo odhaleno hned několik konfliktních situací, jež na křižovatce vznikají. Při výpočtu výhledových intenzit jsem navíc zjistil, že v průběhu příštích dvaceti let bude průjezd křižovatkou odpovídat nejhorší možné kvalitě dopravy.

Do návrhu na úpravy řešení křižovatky jsem zahrnul tři možnosti. První z nich byla úprava současného stavu se zachováním stykového tvaru křižovatky. Zde jsem provedl opatření pro snížení počtu kolizních bodů. Výsledkem těchto změn především došlo ke zvýšení bezpečnosti. Hlavní myšlenkou také bylo zvýšit přehlednost při průjezdu křižovatkou, čehož jsem docílil směrovým rozdělením, respektive zlepšením dopravního značení.

Druhou variantou jsem přepracoval současnou podobu křižovatky na okružní tvar. Při návrhu jsem se potýkal s poměrně vysokým zatížením jednoho z ramen. Tuto skutečnost se mi podařilo vyřešit méně obvyklým způsobem samostatného jízdního pruhu., čímž jsem docílil lepší průjezdnosti křižovatkou.

Třetím návrhovým řešením jsem přebudoval křižovatku na světelně řízenou. Kromě přidání signalizačního zařízení, jsem oproti současnému stavu provedl několik stavebních úprav zvyšujících bezpečnost. Při tomto návrhu se mi podařilo dosáhnout nejnižší doby zdržení při průjezdu ze všech zpracovávaných variant.

Po vyhodnocení všech okolností musím konstatovat, že současný stav křižovatky není vyhovující. Variantou úpravy současného stavu zvýšíme bezpečnost, avšak nevyřešíme jeho nedostatečnou kapacitu v budoucnosti. Přikláním se tedy ke zvolení jedné z dalších dvou možností. Okružní křižovatka působí bezpečněji, nicméně s vyšší tvorbou kolon oproti světelně řízenému návrhu. Zejména díky perfektním kapacitním výsledkům, bych tedy upřednostnil variantu světelně řízené křižovatky.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mapy [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupný z: <http://www.mapy.cz>
- [2] BARTOŠ, Luděk a Jan MARTOLOS. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, Technické podmínky TP 189*. 2. vyd. Plzeň: EDIP s.r.o., 2012, 76 s. ISBN 978-80-87394-06-9.
- [3] Jednotná dopravní vektorová mapa. *Jednotná dopravní vektorová mapa* [online]. Ministerstvo dopravy ČR, 2006 [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.jdvm.cz/>
- [4] *Zákon č. 274/2008 Sb.* [online]. 2000 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-274>
- [5] FOLPRECHT, Jan a Vladislav KŘIVDA. *Organizace a řízení dopravy I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006, 158 s. ISBN 80-248-1030-1.
- [6] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek, Technické podmínky TP 188*. 1. vyd. Mariánské Lázně: Pro EDIP vydalo nakl. Koura, 2007, 61 s. ISBN 978-80-902527-6-9.
- [7] BARTOŠ, Luděk, Aleš RICHTER, Jan MARTOLOS a Martin HÁLA. *Prognóza intenzit automobilové dopravy, Technické podmínky TP 225*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012, 26 s. ISBN 978-80-87394-07-6.
- [8] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity okružních křižovatek, Technické podmínky TP 234*. 1. vyd. Liberec: EDIP, 2011, 54 s. ISBN 978-80-87394-02-1.
- [9] ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích + Z1*. Praha: Český normalizační institut, 1995/2007, 180 s.
- [10] TP 235 *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek: Technické podmínky*. Liberec: EDIP, 2011, 52 s. ISBN 978-80-87394-03-8

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek č. 1 – Poloha křižovatky.....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek č. 2 -Vyznačení nehodových míst na křižovatce.....</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek č. 3 – Kolizní body a možnost snížení jejich počtu.....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek č. 4 – Nerespektování dopravního značení a jeho řešení travnatým ostrůvkem.....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek č. 5 – Brzdící vozidlo na hlavní komunikaci a provedená opatření.....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek č. 6 – Nedání přednosti z vedlejší komunikace a opatření pro eliminaci těchto situací.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek č. 7 – Nevyhovující připojovací pruh a možnost jeho řešení.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek č. 8 – Přepočtené intenzity jednotlivých proudů ve špičkové hodině.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek č. 9 – Pentlogram okružní křižovatky.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek č. 10 – Rozdělení dopravních směrů a jejich intenzita vytížení.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek č. 11 – Třífázové schéma řízení křižovatky.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek č. 12 – Vyznačení kolizní situace pro směry VA3 a VC2.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek č. 13 – Signální plán světelně řízené křižovatky.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek č. 14 – Simulace provozu v programu PTV Vissim.....</i>	<i>37</i>

13 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

13.1 Tabulky

<i>Tabulka č. 1 – Intenzity dopravních proudů (pvoz/h)</i>	<i>10</i>
<i>Tabulka č. 2 – Stanovení špičkové hodiny (pvoz/h) str11</i>	
<i>Tabulka č. 3 – Přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu stykové křižovatky</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka č. 4 – Výhledová intenzita špičkové hodiny str20</i>	
<i>Tabulka č. 5 – Koeficienty skladby dopravního proudu světelně řízené křižovatky</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka č. 6 – Určení vhodnějšího pořadí fází</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka č. 7 – Hodnoty koeficientu sklonu</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka č. 8 – Výsledné hodnoty pro výpočet délky cyklu</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka č. 9 – Výsledné hodnoty pro výpočet kapacity vjezdu</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka č. 10 – Limitní hodnoty střední doby na vjezdu</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka č. 11 – Určení kvality dopravy</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka č. 12 – Délky řadících pruhů</i>	<i>36</i>

13.2 Grafy

<i>Graf č. 1 – Celkový počet projetých vozidel za dobu průzkumu</i>	<i>11</i>
<i>Graf č. 2 – Dělení dopravních nehod podle příčiny</i>	<i>12</i>
<i>Graf č. 3 – Četnost dopravních nehod v letech 2007 – 2016</i>	<i>13</i>

14 SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ

14.1 Přílohy

Příloha 1 - Určení délky fronty $N_{95\%}$ v závislosti na stupni vytížení a_v a kapacitě C

Příloha 2 - Určení střední doby zdržení t_w a úrovně kvality dopravy v závislosti na rezervě kapacity Rez a kapacitě C [6]

Příloha 3 - Souhrnná tabulka všech možných kolizních situací, při fázovém průjezdu světelnou křižovatkou (zahrnuje obě varianty pořadí fází)

Příloha 4 - Tabulky mezičasů světelně řízené křižovatky pro pořadí fází (1...2...3) – ZVOLENÁ FÁZE

Příloha 5 - Tabulky mezičasů světelně řízené křižovatky pro pořadí fází (1...3...2) – NEZVOLENO

14.2 Výkresy

Výkres č. 1 – SOUČASNÝ STAV – SITUACE

Výkres č. 2 – UPRAVENÝ SOUČASNÝ STAV – SITUACE

Výkres č. 3 – OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA – SITUACE

Výkres č. 4 – SVĚTELNĚ ŘÍZENÁ KŘÍŽOVATKA – SITUACE

Výkres č. 5 – UPRAVENÝ STAV – VLEČNÉ KŘIVKY

Výkres č. 6 – OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA – VLEČNÉ KŘIVKY

Výkres č. 7 – SSZ – VLEČNÉ KŘIVKY

Výkres č. 8 – KOLIZNÍ SITUACE PRO VÝPOČET MEZIČASŮ

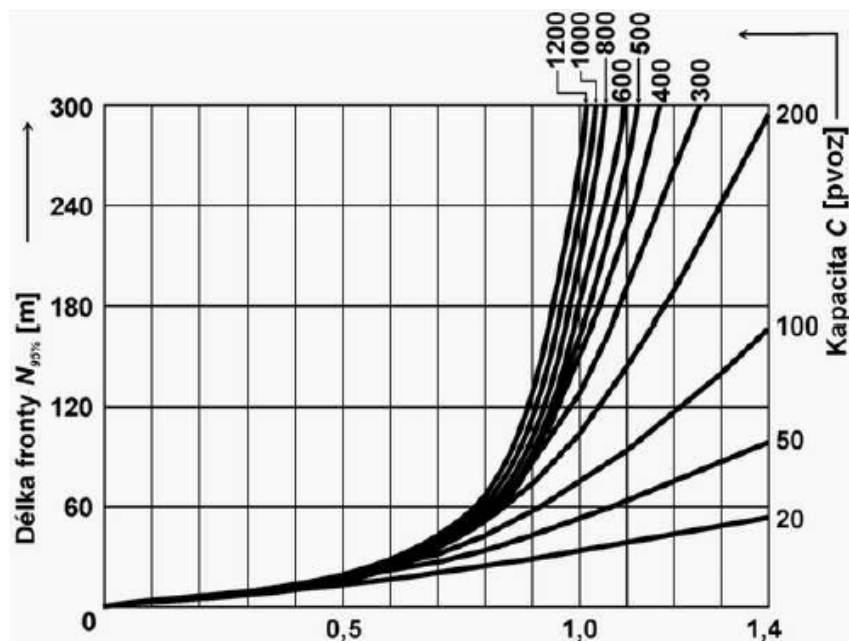
Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladislavu Krívdovi, Ph.D. za ochotu, odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Janovi Petru Ph.D. za odborné konzultace výkresové části.

PŘÍLOHY

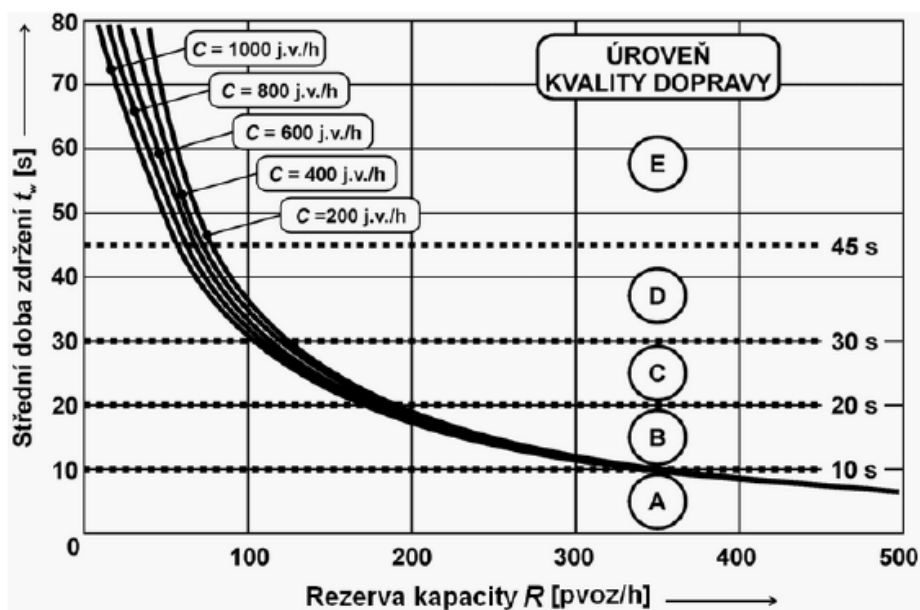
PŘÍLOHA 1

Určení délky fronty $N_{95\%}$ v závislosti na stupni vytižení a_v a kapacitě C [6]



PŘÍLOHA 2

Určení střední doby zdržení t_w a úrovně kvality dopravy v závislosti na rezervě kapacity Rez a kapacitě C [6]



PŘÍLOHA 3

Souhrnná tabulka všech možných kolizních situací, při fázovém průjezdu světelnou křižovatkou (zahrnuje obě varianty pořadí fází).

Naižidí					Vykližuje								
Vjezd	Směr	Naižidíci dráha L_n	Naižidíci rychlost V_n	Naižidíci doba $t_n=L_n/V_n$	Vjezd	Směr	Vyklizovací dráha L_v	Délka vyklizujícího vozidla l_{vz}	Vyklizovací rychlost V_v	Vyklizovací doba $t_v=(L_v+l_{vz})/V_v$	Bezpečnostní doba t_b	Vypočtený mezikas $t_m=t_v-t_n+t_b$	Mezikas po zaokrouhlení
VA1	Vpravo	34,05	7	4,864	VB2	Vlevo	35,13	5	7	5,733	2	2,869	3
	Vpravo	21,63	7	3,090	PC3		9,77	0	1,4	6,979	0	3,889	4
	Rovně	20,53	9,7	2,116	VB2	Vlevo	14,68	5	7	2,811	2	2,695	3
VA2	Rovně	61,41	9,7	6,331	VC1	Vpravo	38,03	5	7	6,147	2	1,816	2
	Rovně	19,33	9,7	1,993	VC2	Vlevo	17,4	5	7	3,200	2	3,207	3
	Rovně	22,67	9,7	2,337	VB2	Vlevo	10,05	5	7	2,150	2	1,813	2
VA3	Rovně	15,43	9,7	1,591	VC2	Vlevo	28,66	5	7	4,809	2	5,218	5
	Rovně	26,26	9,7	2,707	VC2	Vlevo	48,85	5	7	7,693	2	6,986	7
	Vlevo	12,23	7	1,747	VC2	Vlevo	17,87	5	7	3,267	2	3,520	4
VB2	Vlevo	35,13	7	5,019	VA1	Vpravo	34,05	5	7	5,579	2	2,560	3
	Vlevo	14,68	7	2,097	VA2	Rovně	20,53	5	9,7	2,632	2	2,535	3
	Vlevo	10,05	7	1,436	VA3	Rovně	22,67	5	9,7	2,853	2	3,417	4
VC1	Vpravo	38,4	7	5,486	VA2	Rovně	61,64	5	9,7	6,870	2	3,384	4
	Vpravo	2	7	0,286	PC1		5,59	0	1,4	3,993	0	3,707	4
	Vlevo	17,4	7	2,486	VA2	Rovně	19,33	5	9,7	2,508	2	2,023	2
VC2	Vlevo	28,66	7	4,094	VA3	Rovně	15,43	5	9,7	2,106	2	0,012	0
	Vlevo	42,97	7	6,139	VB1	Rovně	26,3	5	9,7	3,227	2	-0,912	0
	Vlevo	17,87	7	2,553	VB2	Vlevo	12,23	5	7	2,461	2	1,909	2
PC1	Vlevo	2	7	0,286	PC2		4,5	0	1,4	3,214	0	2,929	3
		0	1,4	0,000	VC1	Vpravo	6	5	7	1,571	2	3,571	4
		0	1,4	0,000	VC2	Vlevo	6	5	7	1,571	2	3,571	4
PC2		0	1,4	0,000	VA1	Vpravo	21,63	5	7	3,804	2	3,804	4
		0	1,4	0,000	VB2	Vlevo	23,77	5	7	4,110	2	6,110	6

PŘÍLOHA 4

Tabulky mezičasů světelně řízené křižovatky pro pořadí fází (1...2...3) – ZVOLENÁ FÁZE

1. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X				3					
	VA2		X			3	4				
	VA3			X		4					
	VB1				X			0			
	VB2					X		2			6
	VC1		2				X		4		
	VC2		3	5	7			X		4	
	PC1						4		X		
	PC2									X	
PC3	4									X	
						Vyklizuje	3. fáze (směry VC1, VC2, PC3)				
						Najíždí	1.fáze (směry VA1, VA2, VA3, VB1, PC1, PC2)				

2. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X				3					
	VA2		X			3	4				
	VA3			X		4					
	VB1				X			0			
	VB2					X		2			6
	VC1		2				X		4		
	VC2		3	5	7			X		4	
	PC1						4		X		
	PC2									X	
PC3	4									X	
						Vyklizuje	1. fáze (směry VA1, VA2, VA3, VB1, PC1, PC2)				
						Najíždí	2.fáze (směry VB1, VB2, VC1)				

3. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X				3					
	VA2		X			3	4				
	VA3			X		4					
	VB1				X			0			
	VB2					X		2			4
	VC1		2				X		4		
	VC2		3	5	7			X		4	
	PC1						4		X		
	PC2									X	
PC3	4									X	
						Vyklizuje	2. fáze (směry VB1, VB2, VC1)				
						Najíždí	3.fáze (směry VC1, VC2, PC3)				

PŘÍLOHA 5

Tabulky mezičasů světelně řízené křižovatky pro pořadí fází (1...3...2) – NEZVOLENO

1. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X									6
	VA2		X				4	2			
	VA3			X				0			
	VB1				X			0			
	VB2	3	3	2		X					
	VC1		2				X		4		
	VC2				7	4		X			
	PC1						4		X		
	PC2							3		X	
	PC3										X
						Vyklikuje	2.fáze (směry VB1, VB2, VC1)				
						Najíždí	1.fáze (směry VA1, VA2, VA3, VB1, PC1, PC2)				

2. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X									6
	VA2		X				4	2			
	VA3			X				0			
	VB1				X			0			
	VB2	3	3	2		X					
	VC1		2				X		4		
	VC2				7	4		X			
	PC1						4		X		
	PC2							3		X	
	PC3										X
						Vyklikuje	1. fáze (směry VA1, VA2, VA3, VB1, PC1, PC2)				
						Najíždí	3.fáze (směry VC1, VC2, PC3)				

3. FÁZE		Najíždí									
Vyklikuje	X	VA1	VA2	VA3	VB1	VB2	VC1	VC2	PC1	PC2	PC3
	VA1	X									6
	VA2		X				4	2			
	VA3			X				0			
	VB1				X			0			
	VB2	3	3	2		X					
	VC1		2				X		4		
	VC2				7	4		X			
	PC1						4		X		
	PC2							3		X	
	PC3										X
						Vyklikuje	3.fáze (směry VC1, VC2, PC3)				
						Najíždí	2.fáze (směry VB1, VB2, VC1)				